

영상 처리 기법을 이용한 어깨 힘줄 초음파 영상에서의 인대 손상 영역 추출

김민하 · 이지현 · 손병석 · 김운호 · 김광백

신라대학교 컴퓨터공학과

Tear Extraction from Ultrasonic Images of Shoulder Tendon using Image Processing

Min-Ha Kim · Ji-Hyeon Lee · Byeong-Seok Son · Yoon-Ho Kim · Kwang Beak Kim

Dept. of Computer Engineering, Silla University

E-mail : m_i_n_h_a@naver.com, chaoszerol@naver.com, accv0848@naver.com,

kyhol85@naver.com, gbkim@silla.ac.kr

요 약

본 논문에서는 초음파 영상에서 어깨 부위를 분석하여 어깨 힘줄(Tendon) 영역에서 인대 손상 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 초음파 영상에서 ROI(Region of Interest)을 추출하고 샤프닝 기법을 적용하여 ROI 영역을 뚜렷한 후에 퍼지 스트레칭 기법을 적용하여 명암 대비를 높인 후, 평균 이진화 기법을 적용하여 ROI 영역을 이진화 한다. 이진화된 ROI 영역에 침식, 팽창 기법과 라벨링 기법을 적용하여 전체 ROI의 면적 영역에서 0.4%이하인 객체 영역들을 잡음으로 간주하여 제거한 후, ROI 영역에서 수평 너비가 가장 큰 영역의 상단 경계에 스플라인 곡선을 적용한다. 스플라인 곡선이 적용된 영역에서 곡선이 가장 높은 지점을 구한 후, 구한 지점으로부터 ROI 영역의 세로 길이의 1/5를 갖는 상단부분을 제거한 후에 양자화할 영역을 추출하고 FCM을 적용하여 양자화를 한다. 양자화된 영역에서 어깨 힘줄 영역 안에 있는 인대 손상의 후보 영역을 추출하고 면적의 크기가 0.14%이상이거나 3%이하인 영역을 어깨 힘줄의 인대 손상 영역으로 추출한다. 제안된 방법을 어깨 힘줄이 있는 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 제안된 방법이 어깨 힘줄의 인대 손상 영역이 비교적 정확히 추출되었다.

키워드

어깨 부위, 힘줄, 인대 손상, 스플라인 곡선, FCM

1. 서 론

어깨 부위는 사람이 활동하는데 반드시 필요한 부위이다. 하지만, 최근 수년 동안에 전 세계적으로 어깨 질환은 꾸준히 증가하고 있는 추세이다. 원인으로서는 과도한 운동 및 노령화 등의 이유로 발생한다. 초기에 발견하는 경우에는 간단한 재활 운동으로 치료할 수 있지만, 문제는 자주 사용하는 신체 부위이기 때문에 대수롭지 않게 넘어가는 경우가 많아서 초기에 발견하는 경우가 드물고 신경을 쓰지 않고 방치하는 경우에는 회전근개 손상, 오십견, 습관성 어깨탈구 같은 질환이 발생할 수 있다[1]. 이러한 질환이 생길 경우에 나이가 많으면 어깨뿐만이 아니라

팔과 목 주변에도 통증을 유발할 수 있기 때문에 적극적인 관리가 필요하다.

어깨 힘줄의 인대 파열 여부를 분석하는 방법은 일반적으로 MRI, CT, 초음파 3가지 방법으로 구분되고 그 중에서도 MRI나 CT의 경우에는 해상도가 우수하여 대조성이 뛰어나다는 장점이 있으나, 비용과 시간이 많이 소요되는 단점이 있다. 그러나 초음파는 비용과 시간이 적게 소요된다는 장점이 있다.

따라서 본 논문에서는 어깨 질환의 유무에 따른 초음파 영상을 분석하여 어깨 힘줄(Tendon) 안에 있는 인대 손상(Tear) 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

II. 초음파 영상에서 어깨 힘줄의 인대 손상 영역 추출

그림 1과 같은 어깨 힘줄을 촬영한 초음파 영상에서 어깨 연골은 대체로 초음파 영상 가운데에 위치하고 곡선의 특징을 가지고 있으며 어깨 연골 위에는 연골 액이 흐르는 낭이 영상에서 0.5cm 이상의 크기로 존재한다. 연골을 기준으로 상단에는 어깨 힘줄 영역이 존재하며 주로 힘줄 영역에 파열이나 상처가 생긴다. 일반적으로 힘줄 영역의 명암도가 높게 나타나지만 어깨 힘줄이 파열된 인대 손상 영역은 명암도가 낮게 나타나서 명암도가 낮은 값을 기준으로 영역의 분포도에 따라 인대 손상의 크기를 결정한다.

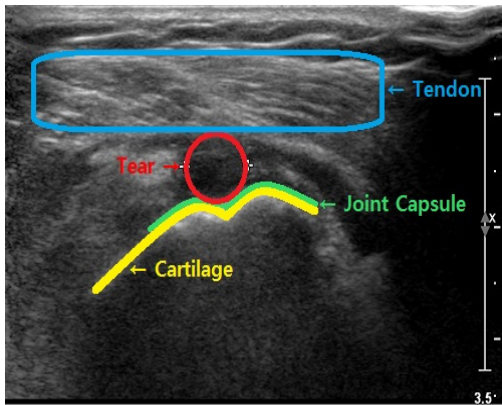


그림 1. 어깨 힘줄 초음파 영상 구성도

초음파 검사는 같은 부위도 초음파 촬영 기법이나 초음파 기기의 상태에 따라 명암도 값이나 어깨 힘줄의 인대 손상 영역의 경계가 선명하게 나타나지 않는 경우가 발생한다. 그러므로 본 논문에서는 초음파 영상에서 어깨 힘줄 영역에 있는 인대 손상 영역을 객관적으로 분석하기 위해 인대 손상 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 그림 2는 제안된 방법으로 어깨 힘줄의 인대 손상 영역을 추출하는 과정을 나타낸 것이다.

제시된 방법에서는 초음파 영상에서 ROI (Region of Interest)을 추출한다. 추출된 ROI 영역에서 어깨 힘줄 영역을 부각시키기 위해 Sharpening 기법[2]을 적용한다.

Sharpening 기법이 적용된 ROI 영역에 명암 대비를 강조하기 위해 Fuzzy Stretching 기법[3,4]을 적용한 후에 평균 이진화 기법을 적용한다. 이진화된 ROI 영역에서 힘줄과 연골이 붙어 있는 경우에는 분리하거나 연골과 연골이 떨어져 있는 경우에는 연결하기 위해서 침식과 팽창 기법[2]을 적용한 후, ROI 영역에서 0.4%이하인 영역을 잡음으로 간주하여 Labelling 기법[5]을 적용하여 잡음을 제거한다. 잡음이 제거된 ROI 영역에서 수평 너비가 가장 큰 영역의 상단 경계

에 스플라인 곡선을 적용한다[6]. 스플라인 곡선이 적용된 ROI 영역에서, 곡선의 가장 높은 지점을 구한다. 구한 지점으로 부터 ROI 영역에서 세로로 1/5에 해당하는 상단 부분을 제거한 후, FCM을 적용할 양자화 영역을 추출한다[7].

FCM 기법을 적용하여 양자화 한 후에 어깨 힘줄의 파열 영역과 비파열 영역을 구분한다. 양자화된 영역에서 파열영역이 아닌 영역을 제거하여 어깨 힘줄의 인대 손상 영역을 추출한다.

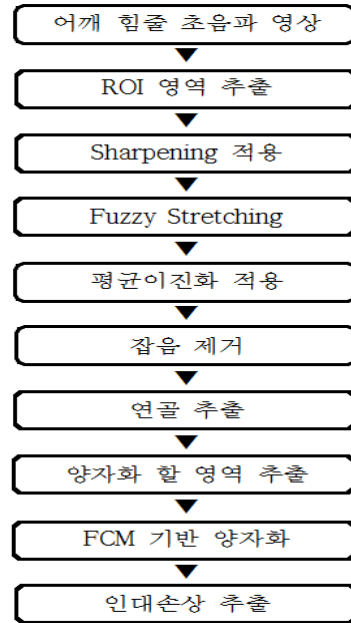
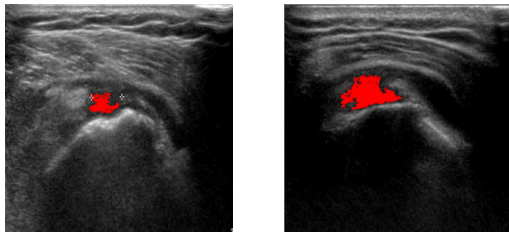


그림 2. 어깨 힘줄의 인대 손상(Tear) 영역 추출 과정

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 어깨 힘줄 초음파 영상에서 인대 손상을 분석하기 위한 전 단계로 인대 손상을 추출하는 방법을 22개의 초음파 영상을 대상으로 실험하였다. 제안된 인대 손상 추출 방법은 Intel(R) Core(TM) i5-3470 CPU, 4.00GB RAM이 장착된 PC 상에서 Visual Studio 2010 C#으로 구현하였으며 제안된 방법으로 인대 손상을 추출한 결과는 그림 3과 같다. 그림 3에서 확인된 바와 같이 인대 손상이 비교적 정확히 추출된 것을 확인할 수 있다.



(a) 인대 손상 영역 추출 결과 1
(b) 인대 손상 영역 추출 결과 2
그림 3. 인대 손상 추출 결과

표 1은 22개의 실험 영상에 대해 제안된 방법으로 인대 손상 영역을 추출한 결과를 나타내었다.

표 1. 인대 손상 영역 추출 결과

실험 영상 수	추출한 개수	실패한 개수
22	17	5

표 2는 FCM의 클러스터의 수와 오류 한계 값에 따라 추출된 인대 손상의 후보 영역 중에서 인대 손상 영역이 포함된 경우에 대한 실험한 결과를 나타내었다. 표 2에서와 같이 클러스터의 수를 10개로 설정하고 오류 한계를 0.1로 설정한 실험에서는 인대 손상 영역의 31% 영역만 한 클러스터에 속하고 나머지 69% 영역은 다른 클러스터로 분류되어 양자화되었다. 그리고 클러스터의 수를 10개로 설정하고 오류 한계를 0.05로 설정한 실험에서는 인대 손상 영역의 53% 영역이 한 클러스터에 속하고 나머지 47% 영역은 다른 클러스터로 분류되어 양자화되었다.

표 2에서 알 수 있듯이 클러스터의 수를 10개로 설정하고 오류 한계를 0.01로 설정한 경우가 인대 손상 영역이 한 클러스터에 95%이상 속하여 비교적 정확히 인대 손상 영역이 양자화되었다. 따라서 본 논문에서는 클러스터의 수를 10개로 설정하고 오류 한계를 0.01로 설정하여 인대 손상 영역을 추출하는데 적용하였다.

표 2. FCM의 클러스터 수와 오류 한계 값에 따른 인대 손상 영역 분석 결과

FCM 클러스터 개수	오류 한계	결과
10개	0.1	인대 손상 영역의 31%만 양자화됨
10개	0.05	인대 손상 영역의 53%만 양자화됨
10개	0.01	비교적 인대 손상 영역 양자화됨

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 어깨 힘줄 초음파 영상에서 인대 손상 영역을 추출하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법을 22개의 초음파 영상을 대상으로 실험한 결과, 17개의 초음파 영상에서 정확히 인대 손상 영역이 추출되었다. 그러나 추출에 실패한 경우는 평균 이진화를 적용한 ROI 영역에서 연골 영역과 연골 주변 영역이 같은 객체로 이진화 되어 연골 영역이 추출되지 않아서 연골 영역의 상단에 위치한 영역을 대상으로 FCM을 적용하여 인대 손상의 후보 영역을 추출할 수가 없어서 인대 손상 영역이 추출되지 않은 경우이다.

따라서 향후 연구 방향은 연골 영역과 연골 주변 영역이 같은 객체로 이진화 되어서 인대 손상 영역의 추출에 실패한 경우를 개선하기 위해 비선형 함수인 중형 소속 함수를 이용한 퍼지 이진화 방법에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] 유용구, “오십견”, 오토저널 제33권 제5호, pp.70-71, 2011.
- [2] 이칠우 정민영, “EmguCV를 이용한 C# 디지털 영상처리,” 도서출판 YOUNG, 2011.
- [3] K. B. Kim, D. H. Song “Defect Detection Method using Fuzzy Stretching and ART2 Learning from Ceramic Image,” International Journal of Software Engineering and it’s Applications, Vol.8, No.9 pp.29-38, 2014.
- [4] 김광백, “컬러 영상에서의 퍼지 스트레칭 기법”, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제18권, 제5호, pp.19-23, 2013.
- [5] M. Petrou, P. Bosdogianni, Image Processing : The Fundamentals, John Wiley & Sons Ltd., 1999.
- [6] 김광백, “ART2를 이용한 초음파 영상에서의 충수염 추출”, 한국전자통신학회춘계논문집, 제 8권, 제1호, pp.98-101, 2014.
- [7] 김광백, “FCM 알고리즘을 이용한 요부근육 양자화”, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 18권, 제8호, pp.27-31, 2013.